

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
18 janvier 2001 (18.01.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 01/04465 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup>: F01L 9/04,  
F02D 13/02, 33/02, 9/02

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*): RE-  
NAULT [FR/FR]; 13-15, quai Alphonse Le Gallo, F-92100  
Boulogne Billancourt (FR).

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR00/02019

(72) Inventeur; et

(22) Date de dépôt international: 12 juillet 2000 (12.07.2000)

(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*): FERNAN-  
DEZ, Alain [FR/FR]; 82, boulevard Saint Michel, F-91150  
Etampes (FR).

(25) Langue de dépôt: français

(74) Mandataire: ROUGEMONT, Bernard; Renault Tech-  
nocentre, Sce 0267 - TCR AVA 0 56, 1 avenue du Golf,  
F-78288 Guyancourt (FR).

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:

99/08993

12 juillet 1999 (12.07.1999)

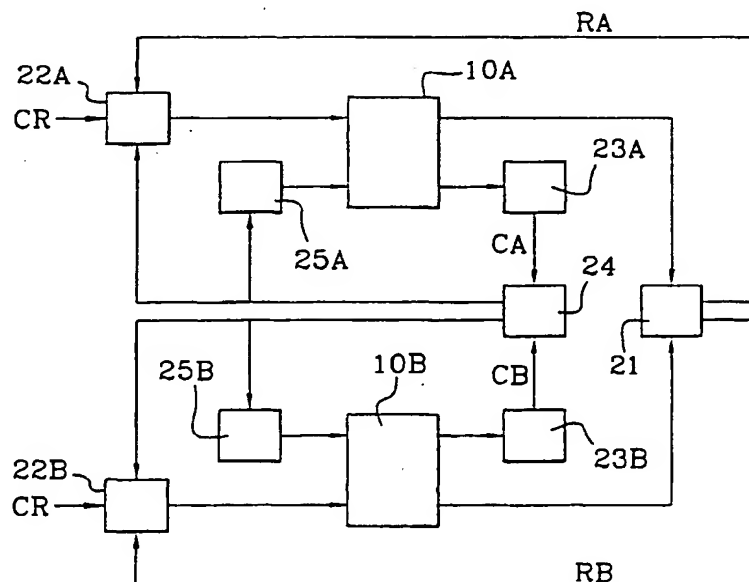
FR

(81) États désignés (*national*): JP, US.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE TO CORRECT CYLINDER DISPER-  
SION IN TERMS OF GAS TORQUE

(54) Titre: PROCEDE DE COMMANDE D'UN MOTEUR A COMBUSTION EN VUE DE CORRIGER LA DISPERSION DES  
CYLINDRES EN TERME DE COUPLE GAZ



(57) Abstract: The invention concerns a method for controlling a four-stroke internal combustion engine, characterised in that it consists in determining the gas torque value for each cylinder (10A, 10B) and then, to bring the gas torque of all the cylinders (10A, 10B) to a common value, modifying the opening and/or closing time of the intake valve, and/or modifying the opening and/or closing time of the exhaust valve.

[Suite sur la page suivante]

WO 01/04465 A1



(84) États désignés (*régional*): brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée:**

— Avec rapport de recherche internationale.

(57) **Abrégé:** L'invention propose un procédé de commande d'un moteur à combustion à quatre temps, caractérisé en ce qu'il consiste à déterminer la valeur du couple gaz pour chaque cylindre (10A, 10B) puis, pour ramener le couple gaz de tous les cylindres (10A, 10B) à une même valeur, à modifier l'instant d'ouverture et/ou de fermeture de la soupape d'admission, et/ou à modifier l'instant d'ouverture et/ou de fermeture de la soupape d'échappement.

**"Procédé de commande d'un moteur à combustion en vue  
de corriger la dispersion des cylindres en terme de  
couple gaz"**

La présente invention concerne un moteur à combustion,  
5 notamment un moteur thermique de véhicule automobile.

L'invention concerne plus particulièrement un procédé de  
commande d'un moteur à combustion à quatre temps en vue de  
corriger la dispersion des cylindres en terme de couple gaz.

L'invention concerne plus particulièrement un moteur à  
10 combustion dont les soupapes d'admission et d'échappement  
de chaque cylindre sont chacune commandées individuellement  
au moyen d'un actionneur linéaire, notamment d'un actionneur  
électromagnétique, chaque actionneur d'une soupape étant  
relié à une unité électronique de commande du moteur.

15 Un tel moteur à combustion sans arbres à cames, aussi  
appelé moteur "camless", offre de grandes possibilités pour la  
commande individualisée des soupapes d'admission et  
d'échappement indépendamment du ou des diagrammes  
généraux de distribution du moteur.

20 Les cylindres d'un moteur à combustion sont  
naturellement dispersés en terme de couple gaz. Le couple gaz  
d'un cylindre est le produit de la combustion récupéré sur  
l'arbre moteur au niveau de ce cylindre et il peut être exprimé  
selon la formule  $C = J \cdot d\omega/dt$  où  $J$  est un moment d'inertie,  $d\omega/dt$   
25 est la dérivée par rapport au temps de la vitesse de rotation de  
l'arbre moteur.

La dispersion des cylindres en terme de couple gaz crée  
un déséquilibre dans le fonctionnement du moteur. Cela se  
traduit notamment par des vibrations gênantes qui sont  
30 transmises à l'ensemble du véhicule.

Dans les moteurs conventionnels avec arbre à cames,  
les principales sources de dispersion sont les variations en  
débit des injecteurs et les lois d'arbre à cames.

Dans les moteurs "camless" dont les soupapes sont commandées individuellement, les sources de dispersion en terme de couple gaz sont accrues. En effet, au lieu de la dispersion des lois d'arbre à cames, il y a une dispersion des temps d'ouverture des soupapes. Plus le nombre de soupapes sera élevé, plus il y aura de sources de dispersion.

L'invention vise à proposer un procédé de commande d'un tel moteur sans arbres à cames en vue de corriger la dispersion des cylindres en terme de couple gaz.

Dans ce but, l'invention propose un procédé de commande d'un moteur à combustion à quatre temps, du type comportant au moins deux cylindres munis chacun d'un circuit d'admission d'air ou de mélange air/carburant et d'un circuit d'échappement de gaz brûlés, circuits qui communiquent avec une chambre de combustion, du type dans lequel les communications des circuits d'admission et d'échappement avec la chambre sont susceptibles d'être obturées chacune respectivement par au moins une soupape, respectivement d'admission et d'échappement, à ouverture commandée par un actionneur linéaire, notamment par un actionneur électromagnétique, relié à une unité électronique de commande, en vue de corriger la dispersion des cylindres en terme de couple gaz, caractérisé en ce qu'il consiste à déterminer la valeur du couple gaz pour chaque cylindre puis, pour ramener le couple gaz de tous les cylindres à une même valeur, à modifier l'instant d'ouverture et/ou de fermeture de la soupape d'admission, et/ou à modifier l'instant d'ouverture et/ou de fermeture de la soupape d'échappement.

Grâce à un tel procédé, la régularité cyclique du moteur est améliorée. Cette maîtrise du fonctionnement du moteur permet notamment de minimiser les vibrations induites par le moteur tant dans la caisse du véhicule, que dans les organes de transmission.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- avant de corriger la dispersion des cylindres en terme de couple gaz, on corrige la dispersion des cylindres en terme de richesse ;

- pour ramener le couple gaz de tous les cylindres à la même valeur, on modifie l'instant de fermeture de la soupape d'admission et/ou on modifie l'instant d'ouverture de la soupape d'échappement ;

- si l'instant de fermeture de la soupape d'admission se situe avant le point mort bas de la course du piston, on réduit ou on augmente la valeur du couple gaz d'un cylindre, respectivement en avançant ou en retardant l'instant de fermeture de la soupape d'admission et, si l'instant de fermeture de la soupape d'admission se situe après le point mort bas de la course du piston, on réduit ou on augmente la valeur du couple gaz d'un cylindre, respectivement en retardant ou en avançant l'instant de fermeture de la soupape d'admission ;

- on réduit ou on augmente la valeur du couple gaz d'un cylindre, respectivement en avançant ou en retardant l'ouverture de la soupape d'échappement par rapport à un instant d'ouverture initial situé avant le point mort bas ;

- pour chaque cylindre, on fait converger le couple gaz vers un couple gaz maximal du cylindre, par un calage optimal de l'instant d'ouverture de la soupape d'échappement, et on ramène ensuite le couple gaz de tous les cylindres à la même valeur par la seule modification de l'instant de fermeture de la soupape d'admission de chaque cylindre ;

- la valeur vers laquelle on ramène le couple gaz de tous les cylindres est soit la valeur du couple moyen global, soit la valeur de couple la plus élevée de tous les cylindres, soit la valeur de couple la moins élevée de tous les cylindres, soit une valeur de couple moyen global prédéterminée ;

- pour déterminer la valeur du couple gaz d'un cylindre, on utilise un signal émis par un couplemètre ;

- les corrections apportées aux instants d'ouverture et/ou de fermeture des soupapes font appel à des calculs du type Proportionnelle-Intégrale-Dérivée ou du type par pas constants ;

5       - on applique aux calculs de correction des coefficients de pondération pour prendre en compte l'acoustique de remplissage et/ou les conditions de fonctionnement du moteur ;

      - dans le cas d'un moteur dont chaque cylindre comporte plusieurs soupapes d'admission et/ou plusieurs soupapes d'échappement, on agit soit sur une seule soupape d'admission  
10       ou d'échappement, soit sur plusieurs soupapes d'admission ou d'échappement ;

      - en fonction des valeurs des écarts de couple gaz et/ou en fonction des valeurs totales des corrections effectuées sur  
15       les cylindres, on détecte des anomalies de fonctionnement et on déclenche un signal d'alerte.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins  
20       annexés dans lesquels :

      - la figure 1 est une vue schématique partielle en coupe d'une partie d'un moteur à combustion interne à soupapes sans arbres à cames et commandé selon un procédé conforme aux enseignements de l'invention ;

25       - la figure 2 est un diagramme de distribution d'un moteur à quatre temps en fonctionnement normal ;

      - la figure 3 est un schéma pour l'illustration de la mise en œuvre du procédé selon l'invention appliqué à deux cylindres ;

30       - la figure 4 est un ordinogramme pour l'illustration de la mise en œuvre du procédé selon l'invention afin de diminuer le couple d'un cylindre jusqu'à la valeur du couple moyen global en modifiant l'instant de fermeture de la soupape d'admission ;

- la figure 5 est un ordinogramme pour l'illustration de la mise en œuvre du procédé selon l'invention afin de déterminer le calage optimal de la fermeture de la soupape d'échappement pour obtenir un rendement maximal du cylindre.

5 On a représenté à la figure 1 un cylindre 10 d'un moteur à combustion interne à quatre temps et dont la partie supérieure forme une chambre de combustion 12 délimitée par un piston mobile 14 et par une culasse 15.

Le cylindre 10 est alimenté en mélange air/carburant par  
10 un circuit d'admission 16 qui débouche dans la chambre de combustion 12 au travers d'une soupape d'admission 18 dont les déplacements sont commandés par un actionneur électromagnétique linéaire 11 afin d'obturer ou non la communication entre le circuit d'admission 16 et la chambre de  
15 combustion 12.

Un circuit d'échappement 17 est prévu pour l'évacuation des gaz brûlés hors de la chambre de combustion 12 au travers d'une soupape d'échappement 19 également commandée par un actionneur linéaire électromagnétique 13.

20 La commande des soupapes d'admission 18 et d'échappement 19 est assurée par une unité électronique de commande (non représentée) qui pilote les actionneurs 11, 13, et qui commande aussi l'injection de carburant, ici indirecte, au moyen d'un injecteur 20, de même que l'allumage au moyen  
25 d'une bougie (non représentée).

L'unité électronique de commande comporte notamment des moyens de mémorisation d'une ou plusieurs cartographies de fonctionnement du moteur.

L'unité électronique de commande reçoit des signaux  
30 représentatifs de paramètres de fonctionnement tels que le régime du moteur, la pression atmosphérique, la pression dans chaque cylindre, le débit des gaz d'admission et/ou d'échappement, le couple instantané fourni, etc.

Selon le principe du cycle à quatre temps d'un moteur à combustion, celui-ci s'effectue en deux rotations du vilebrequin et en quatre courses du piston 14, les quatre temps du cycle étant l'admission, la compression, la combustion et l'échappement.

Le diagramme de la figure 2 représente un exemple de loi de distribution des soupapes.

Quelques degrés d'angle de rotation avant le point mort haut PMH de la course du piston 14, la soupape d'admission 18 s'ouvre à un instant OA. C'est le début de la phase d'admission.

Quelques degrés d'angle de rotation après le point mort bas PMB de la course du piston 14, la soupape d'admission 18 se referme à un instant FA. C'est la fin de la phase d'admission et le début de la phase de compression jusqu'au point mort haut PMH.

A hauteur du point mort haut PMH, l'allumage est déclenché ou se produit. C'est le début de la phase de combustion et de détente.

Quelques degrés d'angle de rotation avant le point mort bas PMB, la soupape d'échappement 19 s'ouvre à un instant OE. C'est la fin de la phase de détente et le début de la phase d'échappement.

Quelques degrés d'angle de rotation avant le point mort haut PMH, la soupape d'admission 18 s'ouvre de nouveau puis, quelques degrés d'angle de rotation après le point mort haut PMH, la soupape d'échappement 19 se referme à un instant FE. C'est la fin de la phase d'échappement.

On remarque qu'au voisinage du point mort haut PMH il se produit un croisement des soupapes puisque la soupape d'admission 18 s'ouvre avant la fermeture FE de la soupape d'échappement 19. Ce croisement a pour principal avantage de provoquer une recirculation de gaz brûlés dans le cylindre 10.



Ces gaz brûlés recirculés permettent notamment de réduire les émissions polluantes en ralentissant la combustion.

On a illustré schématiquement à la figure 3 le procédé de commande selon l'invention dans le cas d'un moteur à deux cylindres 10A, 10B. Le schéma est symétrique et les éléments identiques portent des indices A et B selon qu'ils sont associés et fonctionnent avec le cylindre 10A ou le cylindre 10B respectivement.

A chaque cylindre 10A, 10B correspond un couplemètre 23A, 23B, une unité de commande de l'injection en carburant 22A, 22B, ainsi qu'une unité de commande des soupapes 25A, 25B. Les couplemètres 23A, 23B sont reliés à une unité électronique d'analyse des couples gaz 24 commune aux deux cylindres 10A, 10B. Enfin une sonde de richesse 21 détermine la richesse RA, RB des gaz pour chaque cylindre 10A, 10B.

La richesse est le rapport entre le volume d'air et le volume de carburant introduits simultanément dans la chambre de combustion d'un cylindre.

La sonde de richesse 21 est, par exemple, une sonde à oxygène. Elle est implantée dans une partie du circuit d'échappement commune à tous les cylindres 10A, 10B.

La sonde de richesse 21 mesure la richesse des gaz d'échappement à un instant T1. Ces gaz d'échappement proviennent d'un cylindre qui les a émis à un instant T0. Connaissant la valeur de l'intervalle T1-T0 en fonction des conditions de fonctionnement du moteur, la sonde de richesse 21 est capable de déterminer à quel cylindre 10A, 10B appartient la mesure de richesse qu'elle a effectuée.

De préférence, avant de corriger la dispersion des cylindres 10A, 10B en terme de couple gaz, on agit sur tous les paramètres ou au moins sur les principaux paramètres qui contribuent à l'existence de cette dispersion.

Les différences de richesse entre les cylindres 10A, 10B sont une source importante d'écarts de couple gaz entre les

cylindres 10A, 10B. Par conséquent, en préalable à la correction de la dispersion des cylindres 10A, 10B en terme de couple gaz, on effectue une correction des écarts de richesse entre les cylindres 10A, 10B pour ramener la valeur de richesse RA, RB de chaque cylindre 10A, 10B à une valeur de consigne de la richesse CR.

La correction des écarts de richesse est effectuée par modification des quantités de carburant injectées en fonction des mesures de richesse fournies par la sonde de richesse 21. Ce procédé étant connu de l'état de la technique, il ne sera pas développé ici.

La correction des écarts de richesse permet de diminuer les écarts de couple gaz entre les cylindres 10A, 10B. Il s'agit maintenant d'équilibrer les couples gaz des cylindres 10A, 10B.

Chaque cylindre 10A, 10B produit un couple instantané qui fluctue autour d'une valeur moyenne de couple donnée CA, CB. Une valeur moyenne globale CG des couples gaz s'exprime par le quotient de la somme des couples moyens CA, CB par le nombre de cylindres.

L'équilibrage des couples gaz CA, CB des cylindres 10A, 10B peut être effectué suivant différentes stratégies. Soit on ramène chaque couple moyen CA, CB à la valeur du couple moyen global CG. Soit on ramène chaque couple moyen CA, CB à la valeur de couple la plus élevée. Soit on ramène chaque couple moyen CA, CB à la valeur de couple la moins élevée. Soit encore on ramène chaque couple moyen CA, CB à une valeur du couple moyen global CG prédéterminée par cartographie.

Chaque couplemètre 23A, 23B mesure la valeur moyenne du couple gaz CA, CB du cylindre associé 10A, 10B. L'unité d'analyse des couples gaz 24 compare ces valeurs de couple gaz entre elles ou avec la valeur moyenne globale CG. Ensuite l'unité 24 transmet ces informations aux unités de

commande de l'injection en carburant 22A, 22B et aux unités électroniques de commande des soupapes 25A, 25B.

Pour corriger les écarts de couple gaz, les unités électroniques de commande des soupapes 25A, 25B modifient  
5 les lois d'ouverture des soupapes. La modification des lois d'ouverture des soupapes permet d'agir sur le couple gaz selon deux méthodes, qui peuvent être mises en œuvre séparément ou conjointement.

Selon une première méthode, pour corriger les écarts de  
10 couple gaz, on modifie le remplissage en air des cylindres 10A, 10B lors de la phase d'admission. En effet, le couple gaz est directement lié à la quantité de mélange carburé présent dans le cylindre.

Cette modification du remplissage peut se faire de deux  
15 manières. Soit on agit sur la quantité d'air admise, soit on agit sur la quantité de gaz brûlés résiduels présents dans le cylindre lors de l'admission. Ces deux actions peuvent être opérées séparément ou conjointement.

Parallèlement aux corrections des écarts de  
20 remplissage, les unités de commande de l'injection en carburant 22A, 22B modifient les durées d'injection pour maintenir une richesse RA, RB constante.

Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, on modifie le remplissage en agissant sur la quantité d'air admise  
25 par la modification de l'instant de fermeture FA de la soupape d'admission 18. Suivant que l'on avance ou que l'on retarde cet instant de fermeture FA, et suivant que celui-ci se situe avant ou après le point mort bas PMB, on admet plus ou moins d'air dans le cylindre.

30 L'action sur la quantité d'air admise suppose que les gaz brûlés résiduels demeurant dans la chambre de combustion 12 à la fin de la phase d'échappement, sont constants afin de ne pas compliquer les corrections. Le fait de ne modifier que l'instant de fermeture FA et non l'instant d'ouverture OA de la

soupape d'admission 18 permet de considérer cette hypothèse comme relativement exacte. Les petites inexactitudes sont compensées par les différents bouclages de la stratégie de correction.

5 On a illustré schématiquement sur la figure 4 le mode d'action sur la quantité d'air admise dans un cylindre pour diminuer la valeur du couple CA du cylindre 10A. On suppose dans cet exemple que l'on souhaite ramener le couple CA du cylindre 10A à la valeur du couple moyen global CG qui est  
10 inférieure à CA.

Les initiales « FA » correspondent à la valeur de l'angle de rotation de l'instant de fermeture FA de la soupape d'admission 18 représenté sur le diagramme de la figure 2. Le terme « Cor » représente une valeur de correction en degrés  
15 vilebrequin, par exemple issue d'un calcul Proportionnel-Intégrale-Dérivée (PID) par rapport à l'écart de couple gaz à rattraper, et le terme « Cor<sub>tot</sub> » représente une valeur de correction totale qui est la somme des valeurs de correction Cor déjà effectuées sur le cylindre 10A. L'initiale « S »  
20 représente une valeur de seuil prédéterminée pour la valeur de correction totale Cor<sub>tot</sub>. Lorsqu'un terme comporte un indice « t » ou « t-1 » cela signifie que sa valeur est mesurée à un instant présent t ou à un instant précédent t-1.

Pour diminuer la quantité d'air admise dans le cylindre  
25 10A, on commence par déterminer si l'instant de fermeture FA de la soupape d'admission 18 se situe avant ou après le point mort bas PMB.

Si l'instant de fermeture FA se situe avant le point mort bas PMB, on avance la fermeture FA de la soupape d'admission  
30 18 à un instant FA<sub>t</sub> en retranchant la valeur de correction Cor à la valeur initiale FA<sub>t-1</sub> de l'angle de rotation.

On détermine ensuite si le couple gaz CA du cylindre 10A est égal à la valeur du couple moyen global CG. Si la réponse est positive, l'action est terminée, sinon on réalise une

correction en boucle en continuant de retrancher la valeur de correction Cor à la valeur de l'angle de rotation FA jusqu'à ce que le couple gaz CA du cylindre 10A soit égal à la valeur du couple moyen global CG.

5 Si l'instant de fermeture FA se situe après le point mort bas PMB, on effectue les mêmes opérations que dans le cas précédent mais en cherchant à retarder la fermeture FA de la soupape d'admission 18. Pour cela on ajoute la valeur de correction Cor à la valeur initiale  $FA_{t-1}$  de l'angle de rotation.

10 Dans les deux cas, à chaque boucle on vérifie que la valeur de correction totale  $Cor_{tot}$  est inférieure à la valeur de seuil S. Au-delà de cette valeur de seuil S, on considère que les dispersions des cylindres 10A, 10B ne sont plus acceptables. Il y a alors un problème technique qui nécessite  
15 l'intervention d'un spécialiste. On signale le problème à l'utilisateur par un voyant d'alerte et on arrête les corrections.

On a expliqué ci-dessus un mode d'action pour diminuer le couple gaz CA. Si l'on souhaite augmenter le couple gaz CA du cylindre 10A, toujours en agissant sur la quantité d'air  
20 admise dans le cylindre 10A, il suffit d'inverser le sens des corrections Cor par rapport au sens décrit sur la figure 4. Par exemple, au lieu de retrancher la valeur de correction Cor à la valeur de l'angle de rotation  $FA_{t-1}$ , on lui ajoute la valeur de correction Cor.

25 La valeur de correction Cor peut être fixe ou bien un régulateur peut déterminer des valeurs de correction Cor différentes à chaque nouvelle correction.

Dans une variante du mode de réalisation qui vient d'être décrit, on peut agir sur la quantité d'air admise dans le  
30 cylindre 10A en modifiant l'instant d'ouverture OA de la soupape d'admission 18. Mais la modification de l'instant d'ouverture OA de la soupape d'admission 18 a des conséquences sur la quantité de gaz brûlés recirculés. Ce

mode d'action nécessite alors un réajustement des paramètres de réglage qui gèrent les gaz brûlés recirculés.

Pour modifier le remplissage en air des cylindres 10A, 10B, on peut agir directement sur la quantité de gaz brûlés recirculés en modifiant le croisement des soupapes. On procédera selon une stratégie similaire à celle qui est décrite ci-dessus.

Par exemple, si l'on augmente la durée du croisement des soupapes, on augmente la quantité de gaz brûlés recirculés, ce qui diminue la quantité d'air admise. En diminuant la quantité d'air admise on diminue la valeur du couple gaz du cylindre considéré.

On peut agir sur la quantité de gaz brûlés recirculés même s'il n'y a pas de croisement des soupapes. Pour diminuer la valeur du couple gaz, on augmentera alors la quantité de gaz brûlés recirculés selon les procédés connus.

Selon une deuxième méthode, pour corriger les écarts de couple gaz, on agit sur le rendement de la combustion au travers du taux de détente.

Le taux de détente est le quotient du volume final dans lequel se détendent les gaz brûlés par le volume initial dans lequel le mélange a été allumé. Lorsque l'on augmente le taux de détente d'un cylindre, on améliore le rendement de la combustion ce qui augmente la valeur du couple gaz du cylindre considéré.

Le rendement de la combustion est directement lié à l'exploitation de l'énergie fournie au piston 14 par la combustion lors de la phase de détente. Cette phase se termine par l'ouverture OE de la soupape d'échappement 19 avant le point mort bas PMB. Une ouverture OE prématurée de la soupape d'échappement 19 tronque la phase de détente. Ceci a pour effet de diminuer le taux de détente donc de diminuer la valeur du couple gaz pour le cylindre considéré.

On note que cette méthode ne nécessite pas la correction des durées d'injection en carburant car la modification de l'instant d'ouverture OE de la soupape d'échappement 19 ne fait pas varier la richesse mesurée à l'échappement.

La non optimisation du taux de détente d'un cylindre a une grande influence sur la consommation de carburant. Un décalage de l'instant d'ouverture OE de la soupape d'échappement 19 de plusieurs degrés vilebrequins par rapport à un calage optimal peut provoquer une surconsommation de plusieurs pour cent.

Par conséquent, dans un souci de moindre consommation, l'action sur le rendement de la combustion sera de préférence limitée à une augmentation du couple CA, CB pour les cas dans lesquels les cylindres 10A, 10B considérés ne sont pas à leur rendement maximum.

Pour les cylindres 10A, 10B dont le couple moyen CA, CB est supérieur au couple moyen global CG, on peut considérer que leur rendement est bon et qu'une action sur le remplissage pour diminuer leur couple moyen CA, CB suffit.

Avantageusement, on cherchera à atteindre pour chaque cylindre 10A, 10B un rendement maximal en optimisant l'instant d'ouverture OE de la soupape d'échappement 19 selon la stratégie représentée à la figure 5.

Sur la figure 5 on a adopté le même type de notation que sur la figure 4. Les initiales « OE » correspondent à la valeur de l'angle de rotation de l'instant d'ouverture OE de la soupape d'échappement 19 représenté sur le diagramme de la figure 2.

Pour simplifier l'écriture on a repris la notation « Cor » pour identifier la valeur de correction sur la figure 5. Mais la valeur de correction Cor de la figure 5 est indépendante de celle de la figure 4.

Pour rechercher le rendement maximal du cylindre 10A on retarde l'instant d'ouverture OE de la soupape

d'échappement 19 en ajoutant la valeur de correction  $Cor$  à la valeur de l'angle de rotation  $OE$ . Tant que le nouveau couple  $CA_t$  à l'instant  $t$  issu de la correction est supérieur à l'ancien couple  $CA_{t-1}$  à l'instant précédent  $t-1$ , on réalise une correction  
5 en boucle en continuant d'ajouter la valeur de correction  $Cor$  à la valeur de l'angle de rotation  $OE$ .

Lorsque le nouveau couple  $CA_t$  devient inférieur ou égal à l'ancien couple  $CA_{t-1}$ , on revient à la valeur précédente de l'angle de rotation  $OE$  pour retrouver l'ancien couple  $CA_{t-1}$ . On  
10 avance alors l'instant d'ouverture  $OE$  de la soupape d'échappement 19 en retranchant la valeur de correction  $Cor$  à l'angle de rotation  $OE$ . Tant que le nouveau couple  $CA_t$  à l'instant  $t$  issu de la correction est supérieur à l'ancien couple  $CA_{t-1}$ , on réalise une boucle en continuant de retrancher la  
15 valeur de correction  $Cor$  à la valeur de l'angle de rotation  $OE$ .

Lorsque le nouveau couple  $CA_t$  devient inférieur ou égal à l'ancien couple  $CA_{t-1}$ , on revient à la valeur précédente de l'angle de rotation  $OE$ . On a déterminé ici la valeur de l'angle de rotation  $OE$  pour laquelle le rendement du cylindre 10A est  
20 optimal, puisque l'on a obtenu la valeur de couple gaz  $CA$  la plus élevée possible.

A chaque boucle on vérifie que la valeur de correction totale  $Cor_{tot}$  est inférieure à la valeur de seuil  $S$ . Au-delà de cette valeur de seuil  $S$ , on considère que les dispersions des  
25 cylindres 10A, 10B ne sont plus acceptables. Il y a alors un problème technique qui nécessite l'intervention d'un spécialiste. On signale le problème à l'utilisateur par un voyant d'alerte et on arrête les corrections.

De préférence, pour corriger les écarts de couple gaz,  
30 on choisit d'agir sur le rendement de la combustion plutôt que sur le remplissage en air des cylindres 10A, 10B lorsque l'on veut privilégier la diminution des émissions polluantes du moteur, par exemple dans des phases d'amorçage d'un catalyseur et/ou de montée en température du moteur.



Les corrections apportées, d'une part, sur les instants d'ouverture ou de fermeture des soupapes par les unités électroniques de commande des soupapes 25A, 25B et, d'autre part, sur les durées d'injection par les unités électroniques de commande de l'injection en carburant 22A, 22B font appel, par exemple, à des calculs du type Proportionnelle-Intégrale-Dérivée (PID) ou du type par pas constants.

On peut appliquer aux calculs de correction des coefficients de pondération. Ces coefficients de pondération sont, par exemple, fonction de la charge et du régime du moteur, pour prendre en compte l'acoustique de remplissage et/ou les conditions de fonctionnement du moteur.

Les corrections, en fonction du type de moteur, sont appliquées sur tout ou sur une partie du champ de fonctionnement du moteur.

En variante, le procédé selon l'invention peut prévoir d'agir sur une ou les deux soupapes d'admission ou bien sur une ou les deux soupapes d'échappement, s'il s'agit d'un moteur dont chaque cylindre comporte plusieurs soupapes d'admission et/ou plusieurs soupapes d'échappement (moteur-multisoupapes).

Le procédé selon l'invention peut aussi prévoir d'agir non plus uniquement sur les instants de fermeture des soupapes d'admission ou sur les instants d'ouverture des soupapes d'échappement, mais uniquement sur les instants d'ouverture des soupapes d'admission ou sur les instants de fermeture des soupapes d'échappement. Le procédé combine alors l'action sur le remplissage et sur les gaz brûlés recirculés (GBR).

Le procédé peut aussi prévoir d'agir à la fois sur l'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission ou d'échappement.

Le procédé selon l'invention permet aussi d'assurer une fonction de diagnostic puisque, lorsque la valeur de correction

totale dépasse la valeur prédéterminée de seuil S, on peut conseiller à l'utilisateur d'effectuer un examen mécanique en allumant un voyant d'alerte au tableau de bord.

L'examen mécanique peut aussi être conseillé dès que  
5 l'on a constaté un écart de couple gaz trop important par rapport à la moyenne ou par rapport à une valeur cartographiée. Ce constat est effectué par exemple par l'unité électronique d'analyse des couples gaz 24.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de commande d'un moteur à combustion à quatre temps, du type comportant au moins deux cylindres (10A, 10B) munis chacun d'un circuit d'admission d'air (16) ou de mélange air/carburant et d'un circuit d'échappement (17) de gaz brûlés, circuits qui communiquent avec une chambre de combustion (12), du type dans lequel les communications des circuits d'admission (16) et d'échappement (17) avec la chambre (12) sont susceptibles d'être obturées chacune respectivement par au moins une soupape, respectivement d'admission (18) et d'échappement (19), à ouverture commandée par un actionneur linéaire (11), notamment par un actionneur électromagnétique, relié à une unité électronique de commande (25A, 25B), en vue de corriger la dispersion des cylindres (10A, 10B) en terme de couple gaz, caractérisé en ce qu'il consiste à déterminer la valeur du couple gaz pour chaque cylindre (10A, 10B) puis, pour ramener le couple gaz de tous les cylindres (10A, 10B) à une même valeur, à modifier l'instant de fermeture (FA) de la soupape d'admission (18), et/ou à modifier l'instant d'ouverture (OE) de la soupape d'échappement (19).

2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, avant de corriger la dispersion des cylindres (10A, 10B) en terme de couple gaz, on corrige la dispersion des cylindres (10A, 10B) en terme de richesse.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, si l'instant de fermeture (FA) de la soupape d'admission (18) se situe avant le point mort bas (PMB) de la course du piston (14), on réduit ou on augmente la valeur du couple gaz d'un cylindre, respectivement en avançant ou en retardant l'instant de fermeture (FA) de la soupape d'admission et en ce que, si l'instant de fermeture (FA) de la soupape d'admission se situe après le point mort bas

(PMB) de la course du piston (14), on réduit ou on augmente la valeur du couple gaz d'un cylindre, respectivement en retardant ou en avançant l'instant de fermeture (FA) de la soupape d'admission.

5           4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on réduit ou l'on augmente la valeur du couple gaz d'un cylindre, respectivement en avançant ou en retardant l'ouverture (OE) de la soupape d'échappement par rapport à un instant d'ouverture initial situé  
10   avant le point mort bas (PMB).

          5. Procédé selon les revendications 3 et 4 prises en combinaison, caractérisé en ce que, pour chaque cylindre (10A, 10B), on fait converger le couple gaz (CA, CB) vers un couple gaz maximal du cylindre, par un calage optimal de l'instant  
15   d'ouverture (OE) de la soupape d'échappement (19), et en ce que l'on ramène ensuite le couple gaz (CA, CB) de tous les cylindres (10A, 10B) à la même valeur par la seule modification de l'instant de fermeture (FA) de la soupape d'admission (18) de chaque cylindre (10A, 10B).

20           6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la valeur vers laquelle on ramène le couple gaz (CA, CB) de tous les cylindres (10A, 10B) est soit la valeur du couple moyen global (CG), soit la valeur de couple la plus élevée de tous les cylindres (10A, 10B), soit la  
25   valeur de couple la moins élevée de tous les cylindres (10A, 10B), soit une valeur de couple moyen global prédéterminée.

          7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour déterminer la valeur du couple gaz (CA, CB) d'un cylindre (10A, 10B), on utilise un  
30   signal émis par un couplemètre (23A, 23B).

          8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les corrections apportées aux instants d'ouverture et/ou de fermeture des soupapes font

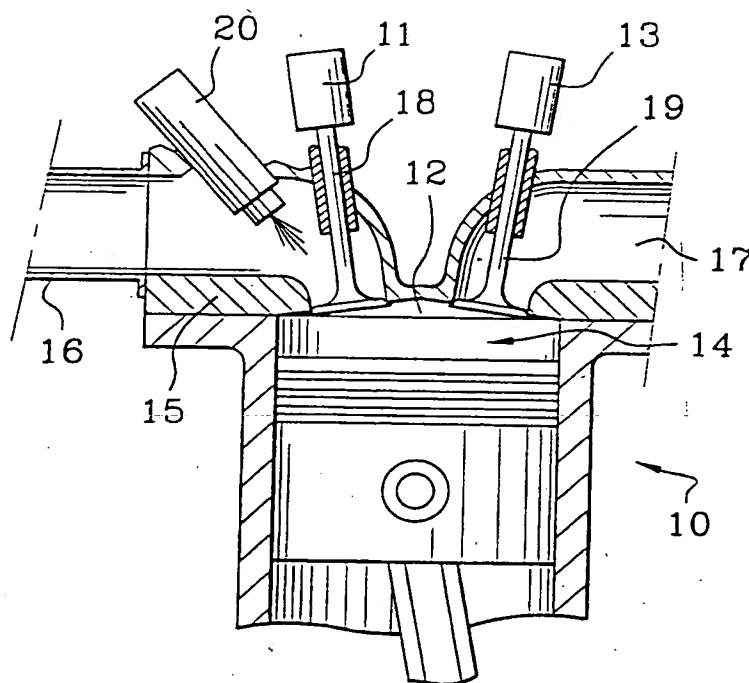
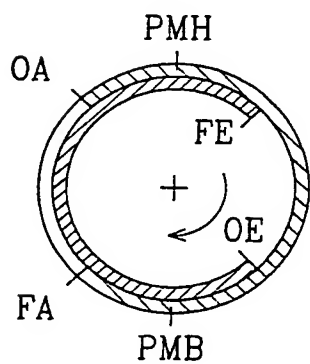
appel à des calculs du type Proportionnelle-Intégrale-Dérivée (PID) ou du type par pas constants.

9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'on applique aux calculs de correction des coefficients de pondération pour prendre en compte l'acoustique de remplissage et/ou les conditions de fonctionnement du moteur.

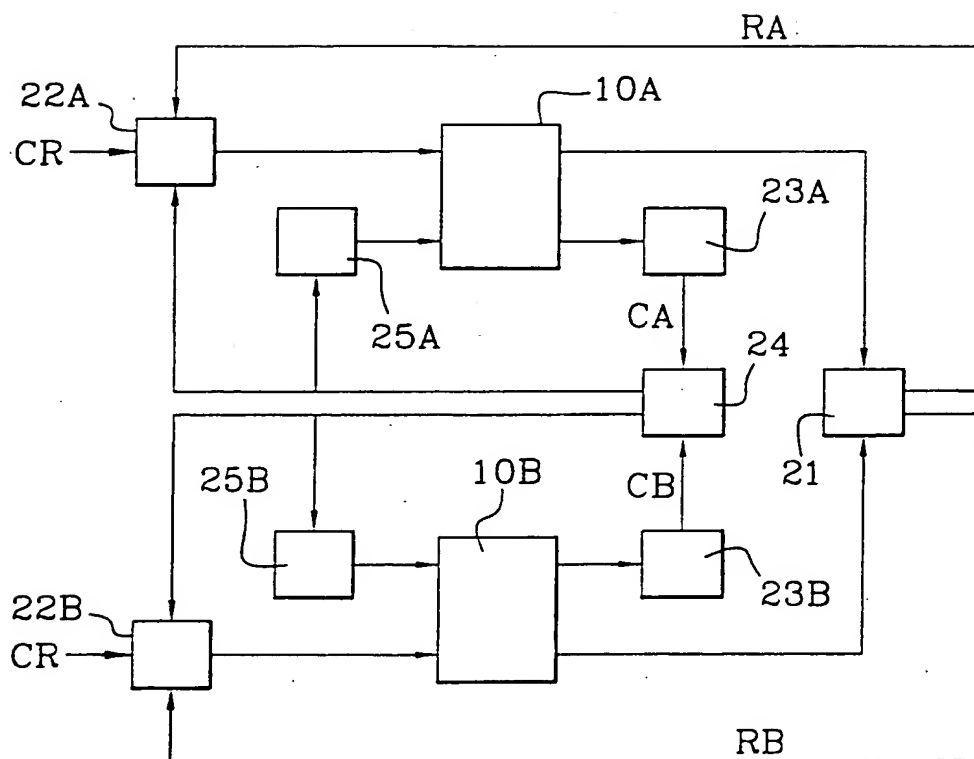
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, dans le cas d'un moteur dont chaque cylindre (10A, 10B) comporte plusieurs soupapes d'admission (18) et/ou plusieurs soupapes d'échappement (19), on agit soit sur une seule soupape d'admission (18) ou d'échappement (19), soit sur plusieurs soupapes d'admission (18) ou d'échappement (19).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, en fonction des valeurs des écarts de couple gaz et/ou en fonction des valeurs totales des corrections effectuées ( $Cor_{tot}$ ) sur les cylindres (10A, 10B), on détecte des anomalies de fonctionnement et on déclenche un signal d'alerte.

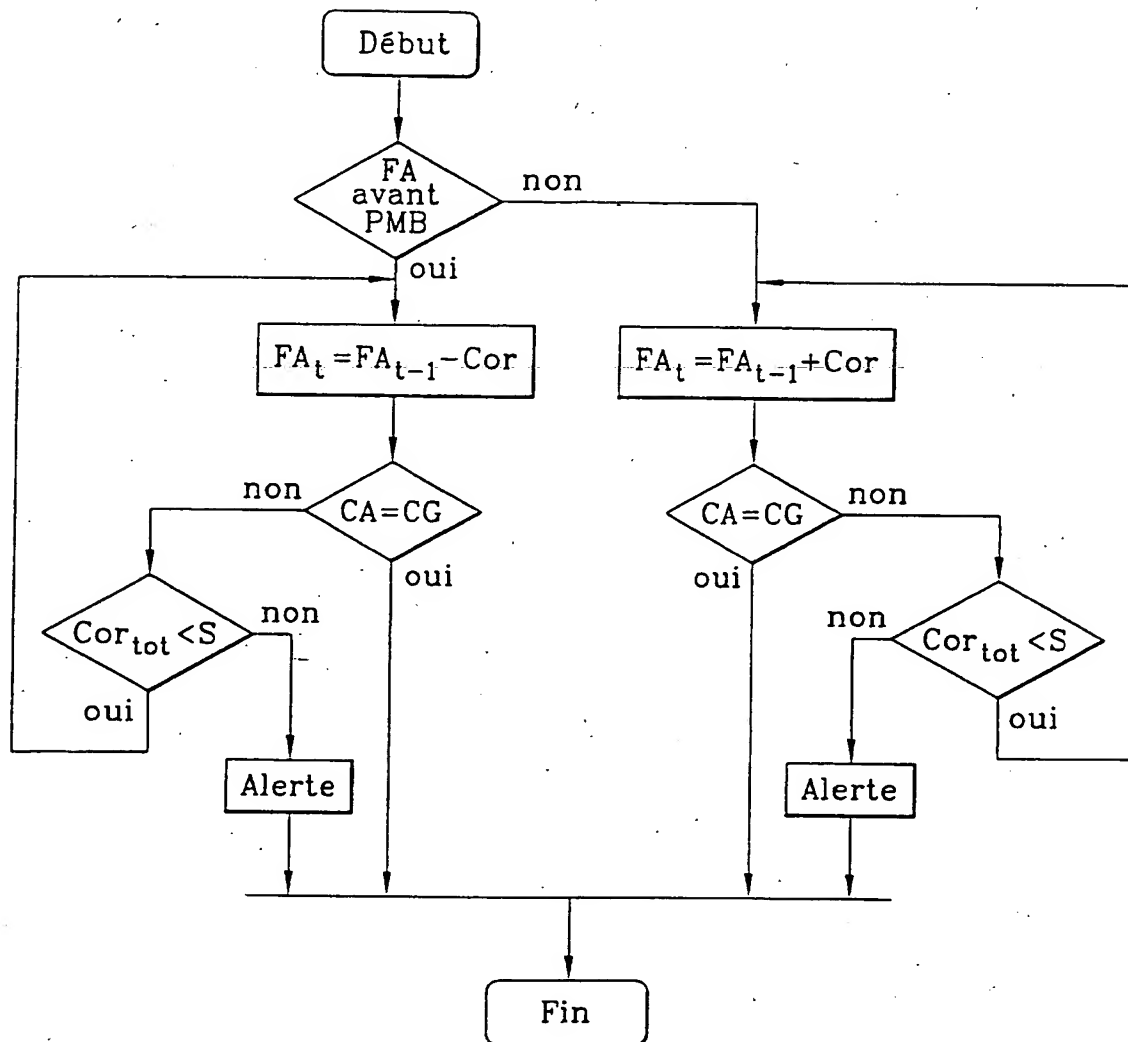
1/4

FIG.1FIG.2

2 / 4

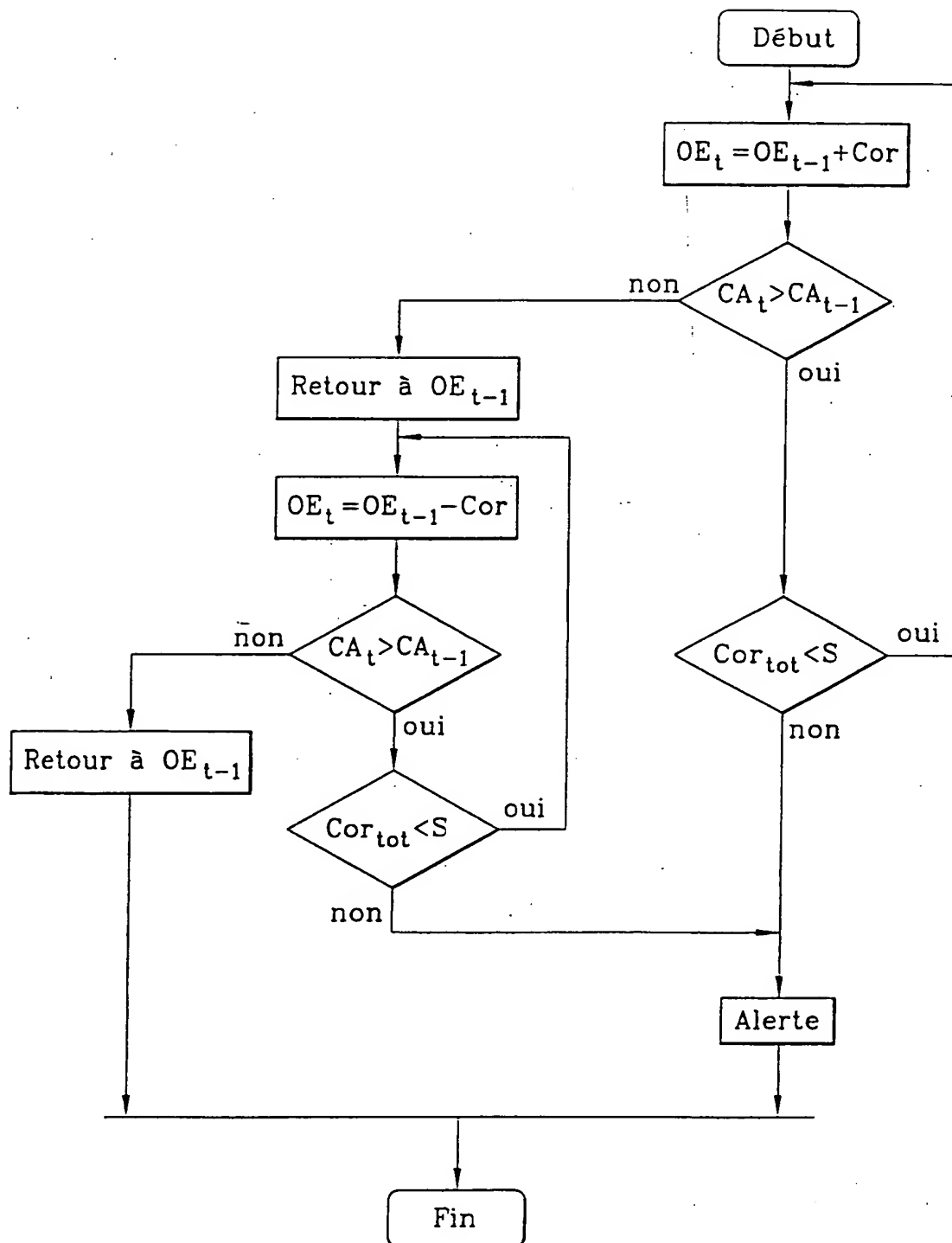
FIG.3

3/4

FIG.4



4 / 4

FIG.5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/FR 00/02019

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01L9/04 F02D13/02 F02D33/02 F02D9/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 515 828 A (COOK JEFFREY A ET AL) 14 May 1996 (1996-05-14)	1,2,6-8
Y	column 1, line 14 - column 2, line 4 column 3, line 2 - line 9 column 3, line 18 - column 6, line 65 figures 1,2,5,7	11
Y	US 5 537 961 A (NAGANAWA TADAHISA ET AL) 23 July 1996 (1996-07-23) abstract column 3, line 12 - line 58	11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 191 (M-600), 19 June 1987 (1987-06-19) & JP 62 017342 A (TOYOTA MOTOR CORP), 26 January 1987 (1987-01-26) abstract	1,2,6,7
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 October 2000

Date of mailing of the international search report

11/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Libeaut, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 00/02019

## C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 June 1999 (1999-06-30) & JP 11 062639 A (HITACHI LTD; HITACHI CAR ENG CO LTD), 5 March 1999 (1999-03-05) abstract ----	1-5
A	EP 0 376 714 A (ISUZU MOTORS LTD) 4 July 1990 (1990-07-04) the whole document ----	1-6
A	EP 0 769 613 A (FIAT AUTO SPA) 23 April 1997 (1997-04-23) the whole document ----	1-6
A	US 5 746 164 A (SCHMITZ GUENTER ET AL) 5 May 1998 (1998-05-05) abstract -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR.00/02019

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5515828 A	14-05-1996	NONE	
US 5537961 A	23-07-1996	JP 7127407 A US 5529034 A	16-05-1995 25-06-1996
JP 62017342 A	26-01-1987	NONE	
JP 11062639 A	05-03-1999	NONE	
EP 0376714 A	04-07-1990	JP 2181009 A US 5022357 A	13-07-1990 11-06-1991
EP 0769613 A	23-04-1997	IT T0950842 A	18-04-1997
US 5746164 A	05-05-1998	DE 19534876 A	27-03-1997

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

C Inde Internationale No  
PCT/FR 00/02019

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 F01L9/04 F02D13/02 F02D33/02 F02D9/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F02D F01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 515 828 A (COOK JEFFREY A ET AL) 14 mai 1996 (1996-05-14)	1,2,6-8
Y	colonne 1, ligne 14 -colonne 2, ligne 4 colonne 3, ligne 2 - ligne 9 colonne 3, ligne 18 -colonne 6, ligne 65 figures 1,2,5,7	11
Y	US 5 537 961 A (NAGANAWA TADAHISA ET AL) 23 juillet 1996 (1996-07-23) abrégé colonne 3, ligne 12 - ligne 58	11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 191 (M-600), 19 juin 1987 (1987-06-19) & JP 62 017342 A (TOYOTA MOTOR CORP), 26 janvier 1987 (1987-01-26) abrégé	1,2,6,7
	--- -/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 octobre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/10/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentiaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Libeaut, L

# RAPPORT 'DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Recherche Internationale No  
PCT/FR 00/02019

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 juin 1999 (1999-06-30) & JP 11 062639 A (HITACHI LTD; HITACHI CAR ENG CO LTD), 5 mars 1999 (1999-03-05) abrégé	1-5
A	EP 0 376 714 A (ISUZU MOTORS LTD) 4 juillet 1990 (1990-07-04) le document en entier	1-6
A	EP 0 769 613 A (FIAT AUTO SPA) 23 avril 1997 (1997-04-23) le document en entier	1-6
A	US 5 746 164 A (SCHMITZ GUENTER ET AL) 5 mai 1998 (1998-05-05) abrégé	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 00/02019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5515828 A	14-05-1996	AUCUN	
US 5537961 A	23-07-1996	JP 7127407 A US 5529034 A	16-05-1995 25-06-1996
JP 62017342 A	26-01-1987	AUCUN	
JP 11062639 A	05-03-1999	AUCUN	
EP 0376714 A	04-07-1990	JP 2181009 A US 5022357 A	13-07-1990 11-06-1991
EP 0769613 A	23-04-1997	IT T0950842 A	18-04-1997
US 5746164 A	05-05-1998	DE 19534876 A	27-03-1997

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**